

01.11.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 23 DEC 2004

WIPO
記載されてPCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 6 月 1 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 1 8 1 4 4 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 1 8 1 4 4 2]

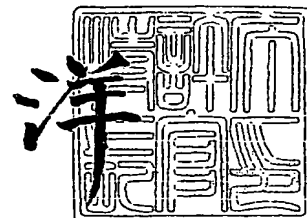
出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 2 月 1 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2036460062
【提出日】 平成16年 6月18日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H05B 33/10
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 上野 巖
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 加藤 純一
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 西山 誠司
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 110000040
 【氏名又は名称】 特許業務法人 池内・佐藤アンドパートナーズ
 【代表者】 池内 寛幸
 【電話番号】 06-6135-6051
 【連絡先】 担当は池内寛幸
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 139757
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0108331

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極を含み、
前記多孔質発光層の他方の面に第二の電極を含み、
前記多孔質発光層と第二の電極の間に間隙を設けた表示素子。

【請求項 2】

前記間隙は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $300\ \mu\text{m}$ 以下の範囲で設けられている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 3】

前記多孔質発光層は、放電分離手段により画素ごとに複数に分割されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 4】

前記放電分離手段は、隔壁によって形成されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 5】

前記隔壁は、無機材料で形成されている請求項 4 に記載の表示素子。

【請求項 6】

前記放電分離手段は、空隙によって形成されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 7】

前記間隙は、リブによって厚み方向に仕切られている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 8】

前記表示素子内の雰囲気は、大気、酸素及び希ガスから選ばれた少なくとも 1 つである請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 9】

前記表示素子の雰囲気は、減圧された前記気体から選ばれた少なくとも 1 つを含む請求項 8 に記載の表示素子。

【請求項 10】

前記多孔質発光層は、少なくとも赤 (R)、緑 (G) 又は青 (B) を発光する請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 11】

前記多孔質発光層は、表面に絶縁層を有する蛍光体粒子で形成されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 12】

前記多孔質発光層は、蛍光体粒子と絶縁性繊維で形成されている請求項 1 に記載の発光素子表示。

【請求項 13】

前記多孔質発光層は、表面に絶縁層を有する蛍光体粒子と絶縁性繊維で形成されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 14】

前記多孔質発光層の密度は、理論密度の 10～90% の範囲にある請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 15】

前記誘電体層と多孔質発光層を挟んで配置された第一の電極と第二の電極に交流電界を印加することにより、前記多孔質発光層に沿面放電を発生させ、前記多孔質発光層を発光させる請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 16】

前記第一又は第二の電極がアドレス電極又は表示電極である請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 17】

前記第二電極は透明電極であり、観察面側に配置されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 1 8】

前記間隙は、前記多孔質発光層と前記第二の電極が対向する全部又は一部の範囲に渡って形成されている請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 1 9】

多孔質発光層と、
多孔質発光層の一方の面に隣接する気体層と、
前記多孔質発光層及び前記気体層に電界を付与する一对の電極を備えた表示素子。

【請求項 2 0】

前記一对の電極は前記多孔質発光層及び前記気体層を挟んで配設されている請求項 1 9 に記載の表示素子。

【請求項 2 1】

前記一对の電極の少なくとも一方と前記多孔質発光層との間には誘電体層が配設されている請求項 2 0 に記載の表示素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】表示素子

【技術分野】

【0001】

本発明は表示素子に関するものである。特に構成が簡単で製造が容易であり、低消費電力であり、かつ大型ディスプレイ用としての多孔質発光層からなる単位発光素子の集合体からなる表示素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、大型のフラットディスプレイとして液晶ディスプレイやプラズマディスプレイが広く使用されるようになってきているが、さらに高画質、高効率であるディスプレイを追求する開発が進められている。このようなディスプレイの候補として、エレクトロルミネッセンスディスプレイ（ELD）や電界放出ディスプレイ（FED）がある。非特許文献1にはELDについて、概ね次のように記載されている。発光層である蛍光体に絶縁層を介して電界を加える構造を基本とするものであり、有機分散型と薄膜型が知られている。有機分散型は不純物のCuなどを添加したZnSの粒子を有機物中に分散させ、この上に絶縁層を形成し、上下の電極で挟持する構造を有する。不純物は蛍光体粒子中にpn接合を形成し、電界が印加されると接合面に発生する高電界により放出された電子が加速されたのち、正孔と再結合して発光する。薄膜型は発光層であるMnドープZnSなどの蛍光体薄膜が絶縁体層を介して電極を配置する構造を有している。絶縁体層が存在することにより発光層には高電界を印加することが可能となり、電界で加速された放出電子が発光中心を励起し発光する。

【0003】

一方、FEDは真空容器中に電子放出素子とこれに対向させた蛍光体よりなる構造を有し、電子放出素子により真空中に放出された電子を加速して蛍光体層に照射し発光させるものである。

【0004】

いずれのデバイスも電子放出が発光のきっかけとなるため、低電圧、高効率で電子を放出する技術が重要である。このような技術として誘電体の分極反転による電子放出が着目されている。例えば、下記非特許文献2には、図20で示すように、一方の面に設置された平面電極32と他方の面に設置された格子状電極33を有するPZTセラミック31を真空容器36中でグリッド電極35を介して白金電極34に対向させ、電極間にパルス電圧を印加することにより、電子が放出されることを提案している。37は排気口である。同提案によれば、容器内の圧力は $1.33\text{Pa}(10^{-2}\text{Torr})$ であり、大気圧では放電しないと記載されている。

【0005】

誘電体の分極反転により放出される電子を真空容器中で加速し、蛍光体層を発光させること、あるいはこの発光を用いたディスプレイは、下記特許文献1や下記特許文献2にも記載されているが、基本的な構成は非特許文献2の白金電極に代えて、蛍光体層を有する電極とする構成により、蛍光体層を発光させるものである。

【0006】

一方、誘電体の分極反転による放出電子を非真空中で用いた発光素子は例えば、下記特許文献3に電気発光面光源素子として開示されている。この素子は、図21に示すように、基板45上に下部電極42、誘電体薄膜41、上部電極43、キャリア増倍層48、発光層44、透明電極46の順で形成されており、上部電極は開口部47を有している。下部電極と上部電極間の印加電圧パルスを反転させることにより電子が上部電極開口部よりキャリア増倍層に放出され、さらに透明電極に印加された正の電圧により加速され、電子を増倍しつつ発光層に達して発光する。キャリア増倍層は誘電率が比較的low、かつ発光層で放出される発光波長を吸収しないバンドギャップを有する半導体で構成されていることが記載されている。この素子は、一種のELDと考えることができる。また、特許文献

4には、スパッタにより形成された蛍光体からなる発光層を表裏の絶縁層で挟持してパルス電界を印加する構成において、一方の絶縁層が誘電体薄膜からなる構成が開示されている。

【特許文献1】特開平05-216530号公報

【特許文献2】米国特許第5453661号明細書

【特許文献3】特開平06-283269号公報

【特許文献4】特開平08-083686号公報

【非特許文献1】松本正一編著、「電子ディスプレイ」、オーム社、平成7年7月7日、p. 113-125

【非特許文献2】Junichi Asano 他, 'Field-Exited Electron Emission from Ferroelectric Ceramic in Vacuum' Japanese Journal of Applied Physics Vol.31 Part 1 p. 3098-3101, Sep/1992

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記の従来技術において真空を要するものは構造が複雑であり、かつ高価になるといった問題がある。例えば、プラズマディスプレイは大型のパネルを構成できるが、真空容器を必要とし、かつ放電空間を形成するため構造が複雑で高価なものとなっている。また、プラズマディスプレイは放電エネルギーが一旦紫外線エネルギーに変換され、紫外線が蛍光体の発光中心を励起することによって発光させるため、発光効率を高くすることが困難であり、大型ディスプレイを作製したとき消費電力が大きくなるといった問題がある。また、薄膜ELを用いるものは薄膜形成プロセスを用いるため、設備が大型になるといった問題がある。さらに、大画面のディスプレイの作製が困難であり、製品化されたものは知られていない。

【0008】

本発明は、電子の発生を促進し、電子なだれ現象による沿面放電を引き易くし、発光効率が良好な表示素子を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の表示素子は、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極を含み、前記多孔質発光層の他方の面に第二の電極を含み、前記多孔質発光層と第二の電極の間に間隙を設けたことを特徴とする。

【0010】

本発明の別の表示素子は、多孔質発光層と、多孔質発光層の一方の面に隣接する気体層と、前記多孔質発光層及び前記気体層に電界を付与する一対の電極を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明の表示素子は、多孔質発光層と第二の電極の間に間隙を設けたことにより、前記間隙で絶縁破壊が起こり、電子の発生が促進され、電子なだれ現象による沿面放電が起き易くなる。本発明の別の表示素子は、多孔質発光層の一方の面に隣接する気体層と、前記多孔質発光層及び前記気体層に電界を付与する一対の電極を備えたことにより、同様に気体層で絶縁破壊が起こり、電子の発生が促進され、電子なだれ現象による沿面放電が起き易くなる。この結果、発光効率が良好となる。また、従来のように表示素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いる必要がなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、このような多孔質発光層からなる表示素子は発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい表示素子を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の表示素子は、背面側から第一の電極と、誘電体層と、多孔質発光層と、第二の電極を少なくとも含み、前記多孔質発光層と第二の電極の間に間隙を設けている。これにより、第一の電極と第二の電極の間に交流電界を印加すると、前記間隙で絶縁破壊が起こり、一次電子の発生が促進される。この一次電子により、電極間の多孔質発光層で沿面放電が発生し、二次電子や紫外線が放出される。放出された二次電子や紫外線が多孔質発光層の発光中心を励起することにより発光する。

【0013】

前記間隙は任意のものとすることができるが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下の範囲で設けることが好ましい。 $1\mu\text{m}$ 未満では間隙の制御が困難となる傾向になり、 $300\mu\text{m}$ を超えると絶縁破壊を起こすのが困難となる傾向にある。一般的に大気中での空気の絶縁破壊は 3kV/mm で、 300V 以上の電界を印加する必要がある。減圧すれば 300V 以下で絶縁破壊が起こるが、高電圧をかけるとセル構造の色々な箇所にダメージを生ずる。したがって、ダメージを生じない程度の電圧をかけるために前記間隙の範囲が好ましい。前記間隙は $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

【0014】

本発明の表示素子は多孔質発光層での沿面放電による発光であり、多孔質発光層の形成には薄膜形成プロセス、真空系、キャリア増倍層等を必要としないので構造が簡単であり、製造が容易である。また、発光効率が良好であり、大型ディスプレイを作製した際の消費電力が比較的小さいものとなる。さらに、本発明の表示素子は多孔質発光層間に放電分離手段を設けても良く、これにより、発光の際のクロストークを回避できる。ここでクロストークとは、ある画素と隣り合う画素同士の発光が互いに影響して発光効率を落とす現象をいう。

【0015】

本発明の放電分離手段は、特に隔壁及び／又は空間等を設けて構成することが好ましい。前記多孔質発光層を分離する隔壁は、厚さ $80\sim 300\mu\text{m}$ の電氣的絶縁体とするのが好ましい。

【0016】

隔壁にする場合は、無機材料で形成するのが好ましい。無機材料としては、ガラス、セラミック、誘電体等を使用することができる。誘電体としては、 Y_2O_3 、 Li_2O 、 MgO 、 CaO 、 BaO 、 SrO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgTiO_3 、 CaTiO_3 、 BaTiO_3 、 SrTiO_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 B_2O_3 、 PbTiO_3 、 PbZrO_3 、 PbZrTiO_3 (PZT) 等がある。

【0017】

前記放電分離手段として空隙にする場合は、空隙距離を $80\sim 300\mu\text{m}$ とするのが好ましい。

【0018】

前記多孔質発光層と第二の電極の間隙は、リブによって厚み方向に仕切っても良い。リブの壁面から、絶縁破壊による電子の発生が起こりやすいからである。リブの好ましい材質は、隔壁の材料と同じ材料から選択できる。リブ及び隔壁の表面はできるだけ平滑面であることが好ましい。平滑面であると、発生した電子がリブを伝ってホッピング (hopping) し易く、多孔質発光層の発光効率を上げることができる。

【0019】

前記表示素子内の雰囲気は、大気、酸素及び希ガスから選ばれた少なくとも1つであることが好ましい。

【0020】

前記表示素子の雰囲気は、減圧された前記気体から選ばれた少なくとも1つを含むことが好ましい。

【0021】

前記多孔質発光層は、少なくとも赤 (R)、緑 (G) 又は青 (B) を発光することが好ましい。

【0022】

前記多孔質発光層は、表面に絶縁層を有する蛍光体粒子で形成されていることが好ましい。

【0023】

前記多孔質発光層は、蛍光体粒子と絶縁性繊維で形成されていることが好ましい。

【0024】

前記多孔質発光層は、表面に絶縁層を有する蛍光体粒子と絶縁性繊維で形成されていることが好ましい。

【0025】

前記多孔質発光層の密度は、理論密度の10～90%の範囲にあることが好ましい。多孔質発光層中（蛍光体粒子と空隙の集合体）で電子をホッピングさせるため、個々の蛍光体粒子間の空隙が電子の平均自由行程よりも短いことが必要であるが、前記範囲であれば、電子のホッピングは阻害されない。

【0026】

前記第一又は第二の電極がアドレス電極又は表示電極であることが好ましい。

【0027】

前記第二電極は透明電極であり、観察面側に配置されていることが好ましい。

【0028】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0029】

（実施の形態1）

図1乃至図6を参照しながら説明する。この例は、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数個の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数個の多孔質発光層間に放電分離手段を具備している。特に複数個のうちの一部の多孔質発光層が誘電体層を共有してなり、放電分離手段が隔壁で形成された表示素子である。

【0030】

図1は本実施の形態における表示素子の断面図であり、図2乃至図6は本実施の形態における表示素子の製造工程を説明するための図である。これらの図において1は表示素子、2は多孔質発光層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は間隙、10は誘電体層及び11は隔壁である。

【0031】

図2に示すように、厚みが0.3～1.0mmの誘電体10の焼結体の片面にAgペーストを30 μ mの厚さに焼き付けて、第一の電極6を所定の形状に形成する。次に、図3に示すようにガラス又はセラミック製の基板5上に図2で示した電極が形成された誘電体層を接着させた。

【0032】

本実施の形態では誘電体としてBaTiO₃を用いたが、SrTiO₃、CaTiO₃、MgTiO₃、PZT（PbZrO₃）、PbTiO₃、などの誘電体を用いても同様の効果が得られる。またAl₂O₃、MgO、ZrO₂などの誘電体を用いても同様の効果が得られるが比誘電率が大きい前記誘電体に比べ発光度が弱くなった。これは誘電体層の厚みを薄くすることで改善できるものである。

【0033】

また、誘電体層にはスパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで誘電体層を形成することもできる。誘電体層として焼結体を用いる場合には、これを基板5と兼用することができる。誘電体層の厚みは焼結体を使用した場合や、厚膜プロセスで形成した場合で極端に変わる。しかし実際には容量成分が必要であり誘電率との関係で調整する。

【0034】

次に、誘電体層 10 の上に図 4 に示すように、所定の形状に複数個の多孔質発光層 2 をスクリーン印刷で形成する。

【0035】

多孔質発光層 2 は、図 6 に示すように、MgO 等の金属酸化物からなる絶縁層 4 で表面を被覆した蛍光体粒子 3 を下記の要領で準備する。

【0036】

蛍光体粒子 3 として、平均粒径が $2 \sim 3 \mu\text{m}$ の $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ (青)、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ (緑)、 $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$ (赤) 等の無機化合物を用いることが可能である。その表面に MgO からなる絶縁層 4 を形成する方法はいずれの蛍光体粒子についても共通であり、具体的には Mg プレカーサー錯体溶液に蛍光体粒子 3 を加えて長時間にわたって攪拌してから蛍光体粒子を取り出して乾燥後、大気中において $400 \sim 600^\circ\text{C}$ で熱処理することにより、MgO の均一なコーティング層、すなわち絶縁層 4 を蛍光体粒子 3 の表面に形成させた。

【0037】

本実施の形態においては上記の絶縁層 4 を有する蛍光体粒子 50 wt % に対してテルピネオール (α -テルピネオール) 45 wt %、エチルセルロース 5 wt % を混練したペーストをそれぞれの蛍光体毎に調製し、これを用いて図 4 に示すように、所定の形状にスクリーン印刷してから乾燥する操作を複数回にわたって繰り返し行うことにより、印刷された多孔質発光層の厚さが $80 \sim 100 \mu\text{m}$ になるように調整した。

【0038】

なお、多孔質発光層から発光については図 4 に示すように、赤 (R)、緑 (G) 及び青 (B) の発光が得られるように、それぞれの発光色毎に多孔質発光層を順々に所定のパターン (例えば、ストライプ状) にそれぞれ印刷して、規則的に並べた多孔質発光層を形成する方法が一般的であるが、白色発光の得られる発光層を形成し、のちにカラーフィルターで色の分離を行うことにより所望の発光色が得られるようにしても差し支えない。

【0039】

上記のようにして、多孔質発光層を印刷した基板 5 を最終的に N_2 雰囲気中において、 $400 \sim 600^\circ\text{C}$ で $2 \sim 5$ 時間にわたって熱処理することにより、約 $50 \sim 80 \mu\text{m}$ の厚さの多孔質発光層 2 の集合体を形成した。

【0040】

また、前記ペーストは蛍光体粒子に有機バンダーや有機溶剤を加えて実施したが、蛍光体粒子にコロイダルシリカ水溶液を加えたペーストを用いても同様の効果が得られた。

【0041】

図 6 は本実施の形態における多孔質発光層 2 の断面を拡大した模式図であり、MgO からなる絶縁層 4 で均一に被覆された蛍光体粒子 3 が熱処理を施された結果、それぞれの粒子が互いに接触した状態で多孔質発光層を形成しているようすを示している。

【0042】

本実施の形態においては熱処理温度が比較的低く設定されているため、多孔質発光層の気孔率は大きくなり、その焼結密度は理論密度の $10 \sim 90\%$ の範囲である。気孔率が非常に大きくなり、焼結密度が理論密度で上記の範囲を越えると、発光効率が低下することや多孔質発光層の内部で空気放電を発生させる原因になり好ましくない。逆に、気孔率が 10% 以下、すなわち焼結密度が理論密度で 90% より大きくなると沿面放電の発生を阻害する。(沿面放電は気体 (この場合空隙) と絶縁体固体 (蛍光体粒子) の界面で発生します。焼結体密度が大きくなると空隙が存在しなくなり沿面放電が発生しにくくなります。逆に、焼結体密度が小さくなると前記したように電子の平均自由行程よりも大きくなるので沿面放電が発生しにくくなる) 因みに、焼結密度が理論密度の $50 \sim 90\%$ の範囲では蛍光体粒子が三次元的に隣り合うように点接触している状態に近いものと推定される。

【0043】

次に、多孔質発光層 2 からなる集合体において、多孔質発光層の境界にガラスペースト

をスクリーン印刷して乾燥させる操作を複数回繰り返して、しかるのちに600℃で焼結すると図5に示すように約80~300 μ mの隔壁11が形成される。本実施の形態では隔壁11は多孔質発光層を形成してからに行ったが、先に隔壁を形成しても差し支えない。また、隔壁11はセラミック粒子を含有するガラスペーストや樹脂を用いて形成することも可能である。具体的には、前者ではセラミックとガラス（重量比で1:1）の混合粒子50wt%に対して α -テルピネオール50wt%を加えて混練したペーストを所定のパターンにスクリーン印刷してから乾燥することを繰り返し、印刷された厚さが約100~350 μ mになるように調整し、N₂雰囲気中において、400~600℃で2~5時間にわたって熱処理することにより、約80~300 μ mの厚さの隔壁11を形成することができる。後者においては熱硬化性樹脂を用いて隔壁を形成するものであり、主たるものとしてエポキシ樹脂、フェノール樹脂、シアネート樹脂の使用が可能であり、これらのうちの1つを多孔質発光層の空隙にスクリーン印刷することにより行うことができる。

【0044】

上記のようにして、隔壁11を形成してからITO（インジウム-錫酸化物合金）からなる第二の電極7が多孔質発光層に対向して位置するようにあらかじめ形成されたガラス板等の透光性基板8で多孔質発光層の集合体の全体を覆うと、図1に示すような本実施の形態における表示素子1が得られる。その際、多孔質発光層2と第二の電極7の間にはわずかな間隙が生じるようにコロイダルシリカ、水ガラス又は樹脂等を用いて透光性基板8を隔壁11の上に貼付する。多孔質発光層2と第二の電極7の間隙9の垂直方向の幅は30~250 μ mの範囲が適当であり、特に40~220 μ mの範囲が好ましい。上記の範囲を超えると、沿面放電の発生に高電圧を印加する必要があり、経済性や信頼性の理由から好ましくない。また、上記の範囲より間隔は狭くても差し支えないが、多孔質発光層を均一に満遍なく発光させるためには、多孔質発光層が第二の電極と接触しない程度の間隔が望ましい。

【0045】

なお、第二の電極としてITOからなる透光性基板8の代替として、銅の配線が施された透光性基板を使用することも可能である。銅の配線は微細なメッシュ状に形成されていて、開口率（配線が施されていない部分の全体に対する割合）は90%であり、光の透過はITO膜を有する透光性基板に比較してほとんど遜色がない。また、銅はITOに比較して、かなり低抵抗であることから発光効率の向上に大きく寄与するので好都合である。なお、微細なメッシュ状の配線を施す金属としては銅以外に金やアルミニウムを使用することも可能である。

【0046】

上述のようにして、本実施の形態では多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなる表示素子であって、特に前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段として隔壁が形成され、複数のうちの一部の多孔質発光層が誘電体層を共有するように前記誘電体層が前記複数のうちの一部の多孔質発光層に形成されてなる表示素子を作製することができる。

【0047】

なお、本実施の形態においては蛍光体粒子3の表面をMgOからなる絶縁層4で被覆したものを使用した。MgOは抵抗率が高く（10⁹ Ω ・cm以上）、沿面放電を効率よく発生させることができるようになるからである。絶縁層の抵抗率が低い場合には沿面放電が発生し難く、ときには短絡する虞があるため好ましくない。このような理由から抵抗率が高い絶縁性金属酸化物で被覆することが望ましい。もちろん使用する蛍光体粒子自体の抵抗率が高い場合には絶縁性金属酸化物で被覆しなくても沿面放電が容易に発生する。絶縁層としては、上記のMgO以外に、Y₂O₃、Li₂O、CaO、BaO、SrO、Al₂O₃、SiO₂、ZrO₂から選択された少なくとも1つを用いることができる。これら

の酸化物の標準生成自由エネルギー ΔG_f^0 は非常に小さく (例えば、室温で -100 kcal/mol 以下)、安定な物質である。また、これらの絶縁層は抵抗率が高く放電が発生し易く、還元され難い物質であるため、放電に際して蛍光体粒子の還元、さらには紫外線劣化を抑制する保護膜としても優れていて、その結果蛍光体の耐久性も高くなり好都合である。

【0048】

また、絶縁層の形成には上記のゾル・ゲル法以外に化学吸着法や、CVD法、スパッタ法、蒸着法、レーザ法、剪断応力法などを用いる物理吸着法によって行うことも可能である。絶縁層は均質、均一であって剥離しないことが望ましく、絶縁層を形成する際には蛍光体の粒子を酢酸、シュウ酸、クエン酸などの弱酸溶液に浸漬し、表面に付着している不純物を洗浄することが肝要である。

【0049】

さらに、絶縁層を形成する前に蛍光体の粒子を窒素雰囲気中で $200 \sim 500^\circ\text{C}$ 、 $1 \sim 5$ 時間程度前処理することが望ましい。その理由は、通常の蛍光体粒子は吸着水や結晶水を多量に含んでおり、このような状態で絶縁層を形成すると輝度低下や発光スペクトルのシフト等の寿命特性に好ましくない影響を及ぼすことになるからである。蛍光体の粒子を弱酸性溶液で洗浄する場合にはその後によく水洗してから上記の前処理を行う。

【0050】

また、多孔質発光層を形成する熱処理工程で留意すべきことは、熱処理温度と雰囲気である。本実施の形態では窒素雰囲気中で $450 \sim 1200^\circ\text{C}$ の温度範囲で熱処理を施したために、蛍光体にドーブされた希土類原子の価数に変化がなかった。しかし、この温度範囲より高温で処理するときには希土類原子の価数が増加することや絶縁層と蛍光体からなる固溶体が発生する可能性があり注意が必要である。

【0051】

また、熱処理温度の上昇と共に多孔質発光層の焼結密度が大きくなることにも注意が必要であり、これらのことから判断すると最適の熱処理温度としては $450 \sim 1200^\circ\text{C}$ の範囲が好ましい。熱処理雰囲気については、上述のように蛍光体粒子にドーブされている希土類原子の価数に影響を及ぼさないようにするために窒素雰囲気が好ましい。

【0052】

絶縁層の厚さは本実施の形態では $0.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 程度としたが、蛍光体粒子の平均粒径や沿面放電を効率よく発生させることを考慮して決定される。また、蛍光体の平均粒径がサブミクロンオーダーになると、比較的薄く被覆する方がよい。絶縁層が厚くなると発光スペクトルのシフト、輝度低下等が発生するため好ましくない。逆に、絶縁層が薄くなると沿面放電がやや発生し難くなることが推定される。従って、蛍光体粒子の平均粒径と絶縁層の厚さの関係は前者 1 に対して後者が $1/10 \sim 1/500$ の範囲にあることが望ましい。

【0053】

次に、この表示素子 1 の発光作用について図 1 及び図 17 を参照しながら説明する。

【0054】

図 1 に示すように表示素子 1 を駆動するために、第一の電極 6 と第二の電極 7 の間に交流電界を印加する。電極間 6, 7 に誘電体層 10、多孔質発光層 2、間隙 9 が直列状に存在する。従って印加された電界は、それぞれの容量の逆数に比例し間隙 9 に集中する。従って間隙 9 で気体の絶縁破壊が起こり、図 17 に示す一次電子 $e^- 24$ が発生する。一次電子 e^- は多孔質発光層 2 の蛍光体粒子 3 に衝突し、沿面放電となり、さらに二次電子 (e^-) 25 が多数発生する。これにより、雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子 3 が励起されて発光する。加えて、交流電界の印加により、誘電体層において分極の反転が繰り返される。それに伴って電子が発生し、多孔質発光層に電荷が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子 3 が励起されて発光する。

【0055】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波や鋸歯状波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外線の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧が上昇するにつれてバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、鋸歯状波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

【0056】

本実施の形態においては多孔質発光層の厚さ方向に、約0.72~1.5kV/mmの電界（周波数：1kHz）を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.5~1.0kV/mmの交番電界（周波数：1kHz）を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界が大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0057】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0058】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0059】

本実施の形態の表示素子によれば、多孔質発光層での沿面放電による発光であるために、従来のように表示素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい表示素子を提供することができる。本実施の形態においては多孔質発光層の境界に放電分離手段として隔壁を設置することにより、比較的簡便な方法で発光の際のクロストークを回避することができる。

【0060】

（実施の形態2）

図7を参照しながら説明する。この例は、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数個の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数個の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなり、特に放電分離手段が隔壁である表示素子である。

【0061】

図7は本実施の形態における表示素子の断面図である。図7において1は表示素子、2は多孔質発光層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は間隙、10は誘電体層及び11は隔壁である。

【0062】

既述した実施の形態1においては図1に示すように、多孔質発光層の下に形成されている誘電体層10と第一の電極6は複数個の多孔質発光層によって共有されているが、誘電体層と第一の電極は複数個の多孔質発光層にそれぞれ個別に形成することも可能である。本実施の形態における表示素子はそのように構成されたものであり、その断面の構造を図7に示す。

【0063】

本実施の形態における表示素子は実施の形態1と同様の製造方法により作製することができる。実際には、多孔質発光層が所定のパターン状に形成されて配置される箇所に合わせて、まずAgペーストを焼き付けて第一の電極6を形成し、その上に厚膜プロセスなど

により誘電体層を形成してから、多孔質発光層をスクリーン印刷により形成すればよい。しかるのちに、実施の形態1と同様に隔壁を形成してから最終的に第二の電極を有する透光性の基板8を配置すれば、図7に示すような本実施の形態の表示素子が作製できる。

【0064】

次に、この表示素子1の発光作用について図7を参照しながら説明する。

【0065】

図7に示すように表示素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、間隙9で気体の絶縁破壊が起こり、それに伴って電子が発生し、多孔質発光層に電荷が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

【0066】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外線の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧の上昇にとともに発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

【0067】

本実施の形態においては多孔質発光層の厚さに対して、約0.72~1.5kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.5~1.0kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界が大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0068】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0069】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0070】

本実施の形態の表示素子によれば、多孔質発光層での沿面放電による発光であるために、従来のように表示素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい表示素子を提供することができる。本実施の形態においては多孔質発光層の境界に放電分離手段として隔壁を設置することにより、比較的簡便な方法で発光の際のクロストークを回避することができる。

【0071】

(実施の形態3)

図8を参照しながら、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数個の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数個の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなり、放電分離手段が導電性を有する隔壁である表示素子について説明する。

【0072】

図8は本実施の形態における表示素子の断面図であり、図において1は表示素子、2は多孔質発光層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電

極、8は透光性基板、9は間隙、10は誘電体層及び11は隔壁である。

【0073】

上述のように、本実施の形態では放電分離手段として静電遮蔽や沿面放電の伸長に効果的な導電性の隔壁11を用いるものである。このような導電性の隔壁は各種の金属の析出物や堆積物により形成することが可能である。その一例として、無電解ニッケルめっきを用いて形成する方法について説明する。

【0074】

具体的な表示素子の製造方法は以下のようにして行う。まず、セラミック製の基板5の表面において隔壁を形成する箇所を除いて、それ以外の箇所にレジスト膜をスクリーン印刷により形成する。しかるのちに、基板5を塩化錫と塩化パラジウムからなる溶液に浸漬する。このような処理はキャタライジング/センシタイジング処理といわれ、前後処理を含めて市販の処理剤で容易に行うことが可能である。

【0075】

処理後にレジスト膜を剥離すると、隔壁を形成する箇所にのみパラジウムの微粒子が付着する。このようにして処理されたセラミック製の基板5を硫酸ニッケルと次亜リン酸ナトリウムを主成分とする溶液(pH4~6)に浸漬し、90℃程度の温度で80~300μmの厚さに金属ニッケルを析出させることにより、基板5の表面に所定の形状の隔壁11を形成することができる。上述のようにして、導電性の隔壁11を形成したセラミック製の基板5が得られる。

【0076】

しかるのちに、上記の基板5にAgペーストを焼き付けることにより第一の電極6を形成する。その際、第一の電極6が導電性隔壁11に接触しないようにわずかに間隙を設けて形成する。第一の電極6を形成してから、厚膜プロセスなどにより誘電体層10を第一の電極6の上に形成する。次に、表面が絶縁層4で均一に被覆された蛍光体粒子3を含有するペーストをスクリーン印刷し、焼成して多孔質発光体層2を所定のパターン状に形成する。最終的に第二の電極7としてのITO皮膜を表面に有するガラス製の透光性基板8で多孔質発光層の集合体の全体を覆うと図8に示すような表示素子1が得られる。なお、その際ITOからなる第二の電極と導電性の隔壁が接触しないようにわずかに間隙が設け、発光素子の駆動に際して電圧の印加の妨げにならないようにする。

【0077】

上記のようにして、本実施の形態においては多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなり、特に放電分離手段が導電性を有する隔壁である表示素子が得られる。

【0078】

次に、この表示素子1の発光作用について図8を参照しながら説明する。

【0079】

図8の表示素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、間隙9で気体の絶縁破壊が起こり、それに伴って電子が発生し、多孔質発光層に電荷が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

【0080】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外線の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧値を上げるに従いパースト波が発生する。パースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、パースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体

粒子3の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

【0081】

特に、本実施の形態におけるように導電性の隔壁を形成した場合には、沿面放電が発生し易くなり、駆動電圧の低減に寄与することができる。すなわち、多孔質発光層の厚さに対して、約0.58~1.2 kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.4~0.8 kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界が大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0082】

また、放電時の電流値は0.1 mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0083】

本実施の形態の表示素子によれば、多孔質発光層での沿面放電による発光であるために、従来のように表示素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい表示素子を提供することができる。本実施の形態においては多孔質発光層の境界に放電分離手段として隔壁を設置することにより、比較的簡便な方法で発光の際のクロストークを回避することができる。

【0084】

(実施の形態4)

図9乃至図13を参照しながら、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなる表示素子について、特に複数の多孔質発光層が第二の電極を共有するように配置されていて、放電分離手段が空隙である表示素子について説明する。

【0085】

図9は本実施の形態における表示素子の断面図であり、図10乃至図13は本実施の形態における表示素子の製造工程を説明するための図である。これらの図において1は表示素子、2は多孔質発光層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、5は基板、6は第一の電極、7は第二の電極、8は透光性基板、9は間隙、10は誘電体層、12は多孔質発光層を分離する空隙、15は側壁である。

【0086】

図10に示すように、ガラス又はセラミック製の基板5の片面にAgペーストを焼き付けて、第一の電極6を所定の形状に形成する。次に、図11に示すように第一の電極6の上に、厚膜プロセスなどにより誘電体層10を形成する。

【0087】

次に、誘電体層10の上に所定の形状に多孔質発光層2を形成する。その際、実施の形態1と同様にMgO等の金属酸化物からなる絶縁層4で表面を被覆した蛍光体粒子3を使用した。蛍光体粒子3として、平均粒径が2~3 μm のBaMgAl₁₀O₁₇:Eu²⁺ (青)、Zn₂SiO₄:Mn²⁺ (緑)、YBO₃:Eu³⁺ (赤)等の無機化合物を用いることが可能である。

【0088】

本実施の形態においては上記の絶縁層4を有する蛍光体粒子50wt%に対して α -テルピネオール45wt%、エチルセルロース5wt%を混練したペーストをそれぞれの蛍光体毎に調製し、これを誘電体層10の上にスクリーン印刷してから乾燥する操作を複数回にわたって繰り返し行うことにより、印刷された箇所厚さが80~100 μm になるように調整した。

【0089】

上記のようにして、多孔質発光層を印刷した基板5をN₂雰囲気中において、400～600℃で2～5時間にわたって熱処理することにより、図12に示すように基板上に約50～80μmの厚さの多孔質発光層2の集合体を形成した。

【0090】

次に、多孔質発光層2からなる集合体の境界には隔壁を設置せずに約80～300μmの空隙12を残したままの状態にし、このような空隙を隔壁の代替として機能させることに本実施の形態の特徴がある。なお、本実施の形態においては多孔質発光層2からなる集合体の全体を囲繞するように側壁15を形成し、このように前記の集合体の周囲に巡らせた側壁で後述するように透光性基板8を支える。側壁15の形成はガラスペーストをスクリーン印刷し、乾燥させる操作を複数回繰り返し、しかるのちに600℃で焼成することにより、図13に示すように約80～300μmの側壁15を形成する。

【0091】

また、側壁15はセラミック粒子を含有するガラスペーストや樹脂を用いて形成することも可能である。具体的には、前者ではセラミックとガラス（重量比で1：1）の混合粒子50wt%に対してα-テルピネオール50wt%を加えて混練したペーストをスクリーン印刷してから乾燥することを繰り返し、印刷された厚さが約100～350μmになるように調整し、N₂雰囲気中において、400～600℃で2～5時間にわたって熱処理することにより、約80～300μmの厚さの側壁15を形成することができる。後者においては熱硬化性樹脂を用いて隔壁を形成するものであり、主たるものとしてエポキシ樹脂、フェノール樹脂、シアネート樹脂の使用が可能であり、これらのうちの1つを選択して多孔質発光層の集合体の全体を囲繞するように印刷することにより行うことができる。

【0092】

上記のようにして、側壁15を形成してのちに、ITO（インジウム-錫酸化物合金）からなる第二の電極7が形成されたガラス板等の透光性基板8を側壁15に貼付して多孔質発光層の集合体の全部を覆うと、図9に示すような本実施の形態における表示素子1が得られる。その際、図のように第二の電極7は例えばストライプ状に多孔質発光層に対向して形成されていて、複数の多孔質発光層によって共有されている。また、多孔質発光層2と第二の電極7の間にはわずかな間隙が設けてあり、両者の間隔は30～250μmの範囲が適当であり、特に40～220μmの範囲が好ましい。

【0093】

なお、第二の電極としてITOからなる透光性基板8の代替として、銅、金、アルミニウム等からなるメッシュ状の微細な配線がパターンニングされた基板を使用することも可能である。

【0094】

上述のようにして、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなる表示素子であって、特に第二の電極が複数の多孔質発光層によって共有されるように配置され、放電分離手段が空隙である表示素子を作製することができる。

【0095】

次に、この表示素子1の発光作用について図9を参照しながら説明する。

【0096】

図9に示すように表示素子1を駆動するために、第一の電極6と第二の電極7の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、間隙9で気体の絶縁破壊が起こり、誘それに伴って電子が発生し、多孔質発光層に電荷が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

【0097】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外線の放出が非常に激しくなり、発光輝度が向上する。また、交流電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波の発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると、紫外線や可視光線も発生するので、これらの光線による蛍光体粒子3の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

【0098】

本実施の形態においては多孔質発光層の厚さに対して、約0.85～1.8kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.6～1.2kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界が大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0099】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0100】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0101】

本実施の形態の表示素子によれば、多孔質発光層での沿面放電による発光であるために、従来のように表示素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい表示素子を提供することができる。本実施の形態においては多孔質発光層の境界に放電分離手段として空隙を設置することにより、比較的簡便な方法で発光の際のクロストークを回避することができる。

【0102】

(実施の形態5)

図14と図15を参照しながら、多孔質発光層の一方の面に誘電体層と第一の電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記第一の電極が形成されていない他の面に第二の電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなる表示素子であって、特に多孔質発光層について説明する。

【0103】

図14と図15は本実施の形態における多孔質発光層の断面を拡大した模式図である。これらの図において、2は多孔質発光層、3は蛍光体粒子、4は絶縁層、及び18は絶縁性繊維である。

【0104】

本実施の形態においては蛍光体粒子表面の絶縁層の有無によらず、蛍光体粒子とセラミックスやガラス等の絶縁性繊維18からなる多孔質発光層2を形成した。

【0105】

絶縁性繊維18の一例として、 $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--CaO}$ 系の繊維を使用し、その直径は0.1～5 μm 、長さは0.5～20 μm であることが好ましく、この範囲のサイズの繊維を蛍光体粒子2部、繊維1部の割合で混合して用いることにより気孔率が比較的大きくなり、その結果沿面放電が多孔質発光層内部で容易に発生するようになり好ましいものとなる。本実施の形態においては多孔質発光層を形成する際に、蛍光体粒子と絶縁性繊維の混合物50wt%に対して α -テルピネオール45wt%、エチルセルロース5wt

%を混練したペーストを調製し、実施の形態1と同様にペーストをパターン状にスクリーン印刷して多孔質発光層を形成した。このようにして得られた絶縁性繊維18を含有する多孔質発光層の断面を拡大した模式図を図14と図15に示す。図14は蛍光体粒子3と絶縁性繊維18からなる多孔質発光層2であり、図15は表面が絶縁層4で被覆された蛍光体粒子3と絶縁性繊維からなる多孔質発光層である。また、第一の電極、誘電体層、第二の電極及び隔壁の形成は実施の形態1と同様の方法で実施することにより、最終的に実施の形態1と同様の表示素子を作製した(図示せず)。

【0106】

絶縁性繊維として $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ 系の繊維を選定した理由は、熱的、化学的に安定で抵抗率が $10^9\Omega\cdot\text{cm}$ 以上であること、多孔質発光層において50~90%の大きな気孔率が容易に得られること、及び繊維の表面で放電が発生し易く結果的に多孔質発光層全体で沿面放電の発生が可能になることからである。なお、上記の絶縁性繊維以外に SiC 、 ZnO 、 TiO_2 、 MgO 、 BN 、 Si_3N_4 系のものを含有する絶縁性繊維を用いてもほぼ同様の結果が得られる。

【0107】

次に、この表示素子の発光作用は実施の形態1のものと同様である。表示素子を駆動するために、第一の電極と第二の電極の間に交流電界を印加する。交流電界の印加により、間隙9で気体の絶縁破壊が起こり、それに伴って電子が発生し、多孔質発光層に電荷が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されている間、継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子3が励起されて発光する。

【0108】

本実施の形態においては多孔質発光層の厚さに対して、約0.65~1.4kV/mmの電界を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.45~0.90kV/mmの交番電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界が大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0109】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0110】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0111】

本実施の形態の表示素子によれば、多孔質発光層での沿面放電による発光であるために、従来のように表示素子の作製に際して薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造や加工も容易である。また、発光効率が良好であり、大型ディスプレイにしたときの消費電力が比較的小さい表示素子を提供することができる。本実施の形態においては多孔質発光層の境界に放電分離手段として隔壁を設置することにより、比較的簡便な方法で発光の際のクロストークを回避することができる。

【0112】

(実施の形態6)

図16を参照しながら、多孔質発光層の一方の面に誘電体層とアドレス電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記アドレス電極が形成されていない他の面にデータ電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなる表示素子について動作を説明する。

【0113】

図16は本実施の形態における表示素子の分解斜視図であり、わかり易いために放電分

離手段が空隙である場合の表示素子を図示したものである。図において1は表示素子、2は多孔質発光層、5は基板、8は透光性基板、10は誘電体層、12は空隙、21はアドレス電極及び22は表示電極である。

【0114】

図16に示すように、本実施の形態の表示素子1においては基板5の上にアドレス電極21が形成され、その上に誘電体層10を有する複数の多孔質発光層2が規則的に配置されていて、R、G及びBの三色を発光する多孔質発光層のアレイが形成されている。多孔質発光層の間には空隙12が存在していて多孔質発光層2のアレイ全体を囲繞するように側壁が通常設けられる（図示せず）。透光性基板8には、表示電極22がアドレス電極21と交差するように多孔質発光層2に対向して形成されていて、このような透光性基板8を多孔質発光層のアレイ上に配置することにより、最終的に図16に示すような表示素子1が構成される。本実施の形態におけるアドレス電極と表示電極は既述した実施の形態1乃至5における第一の電極と第二の電極にそれぞれ対応させることも可能であるが、場合によっては別に設置するようにしてもよい。

【0115】

上述のように、多孔質発光層の一方の面に誘電体層とアドレス電極がそれぞれ形成され、前記多孔質発光層の前記誘電体層と前記アドレス電極が形成されていない他の面にデータ電極が配置された複数の前記多孔質発光層の集合体からなり、前記複数の多孔質発光層間に放電分離手段を具備してなる表示素子であって、特に放電分離手段が空隙である表示素子が得られる。

【0116】

このように構成された本実施の形態における表示素子1においては多孔質発光層に2次元の映像を表示することができる。すなわち、本実施の形態の表示素子1では所謂単純マトリックス駆動が可能であり、X電極に順次パルス信号を送り、そのタイミングに合わせてY電極にON/OFF情報を入れることによりアドレス電極と表示電極の交差する箇所の画素をON/OFFに応じて発光させて1ラインを表示する。走査パルスを順次切り替えることにより、2次元の像が表示できる。また、マトリックス状に配置された画素の1つ1つにトランジスタを置き、それぞれの画素をON/OFFすることによりアクティブ駆動も可能になる。本実施の形態においては多孔質発光層に空隙12を設けてあるため、発光のクロストークはほとんどないが、実施の形態1で既述したように、単位発光素子間に隔壁を設ければ、発光のクロストークをほぼ完全に回避させることができる。

【0117】

(実施の形態7)

本実施形態の表示装置の断面を図18に示す。本実施形態は隔壁11の間にリブ23a、23bを設けた以外は図1に示す実施形態1と同様とした。隔壁11の水平方向の厚さ: 150 μm 、高さ250 μm 、リブ23a、23bの厚さ: 50 μm 、高さ250 μm 、1画素の幅は100 μm 、多孔質発光層の厚さは230 μm 、間隙9の間隔は20 μm 、BaTiO₃からなる誘電体層10の厚さは250 μm 、第1の電極6と第2の電極7の距離は500 μm とした。

【0118】

本実施の形態においては多孔質発光層の厚さ方向に、約0.72~1.5 kV/mmの電界（周波数: 1 kHz）を印加して蛍光体粒子3を発光させて、その後約0.4 kV/mmの交番電界（周波数: 1 kHz）を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子3の発光を持続させた。印加する電界は大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0119】

また、放電時の電流値は0.1 mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50~80%程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0120】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0121】

(実施の形態 8)

本実施形態の表示装置の断面を図 19 に示す。本実施形態は隔壁 11 を BaTiO_3 からなる誘電体層 10 を切削して作成した以外は図 1 に示す実施形態 1 と同様とした。隔壁 11 の水平方向の厚さ: $150\ \mu\text{m}$ 、高さ $250\ \mu\text{m}$ 、1 画素の幅は $100\ \mu\text{m}$ 、多孔質発光層の厚さは $140\ \mu\text{m}$ 、間隙 9 の間隔は $20\ \mu\text{m}$ 、 BaTiO_3 からなる誘電体層の厚さは $340\ \mu\text{m}$ 、第 1 と第 2 の電極間距離は $500\ \mu\text{m}$ とした。

【0122】

本実施の形態においては多孔質発光層の厚さ方向に、約 $0.72 \sim 1.5\ \text{kV/mm}$ の電界 (周波数: $1\ \text{kHz}$) を印加して蛍光体粒子 3 を発光させて、その後約 $0.4\ \text{kV/mm}$ の交番電界 (周波数: $1\ \text{kHz}$) を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体粒子 3 の発光を持続させた。印加する電界が大きくなると電子や紫外線の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0123】

また、放電時の電流値は $0.1\ \text{mA}$ 以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の $50 \sim 80\%$ 程度に低下させても発光が継続し、三色いずれの発光においても高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

【0124】

本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【産業上の利用可能性】

【0125】

本発明は蛍光体層として多孔質発光層を用いるものであり、簡単な構成により発光が得られることから表示素子の発光体として有用である。また、本発明は多孔質発光層での沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層の形成に薄膜形成プロセスを使用することがなく、真空系やキャリア増倍層も必要としないので加工が容易であるという特徴を有するものであり、かつ消費電力も少ないことから大型ディスプレイの作製に有用である。さらに、本発明は多孔質発光層からなる表示素子であり、放電分離手段の設置が比較的容易であることから発光のクロストークの回避に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0126】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 における表示素子の断面図

【図 2】 本発明の実施の形態 1 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 3】 本発明の実施の形態 1 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 4】 本発明の実施の形態 1 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 5】 本発明の実施の形態 1 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 6】 本発明の実施の形態 1 における多孔質発光層の断面を拡大した模式図

【図 7】 本発明の実施の形態 2 における表示素子の断面図

【図 8】 本発明の実施の形態 3 における表示素子の断面図

【図 9】 本発明の実施の形態 4 における表示素子の断面図

【図 10】 本発明の実施の形態 4 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 11】 本発明の実施の形態 4 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 12】 本発明の実施の形態 4 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 13】 本発明の実施の形態 4 における表示素子の製造工程を説明するための図

【図 14】 本発明の実施の形態 5 における多孔質発光層の断面を拡大した模式図

【図 15】 本発明の実施の形態 5 における多孔質発光層の断面を拡大した模式図

【図 16】 本発明の実施の形態 6 における表示素子の分解斜視図

【図 17】 本発明の実施の形態 1 における発光の作用機能を示す説明図

【図 1 8】 本発明の実施の形態 7 における表示素子の断面図

【図 1 9】 本発明の実施の形態 8 における表示素子の断面図

【図 2 0】 非特許文献 2 における従来例の表示素子の断面図

【図 2 1】 特許文献 3 における従来例の表示素子の断面図

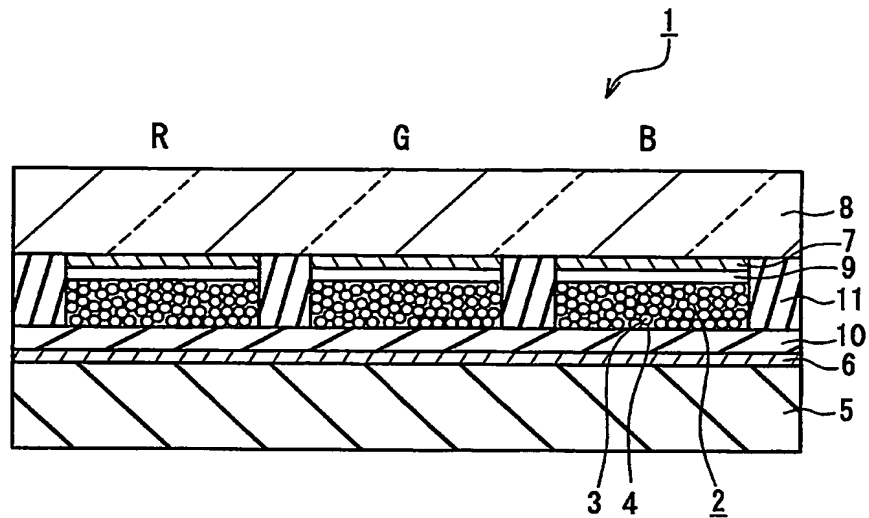
【符号の説明】

【 0 1 2 7 】

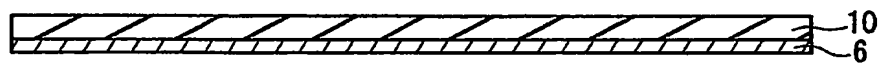
- 1 表示素子
- 2 多孔質発光層
- 3 蛍光体粒子
- 4 絶縁層
- 5 基板
- 6 第一の電極
- 7 第二の電極
- 8 透光性基板
- 9 間隙
- 1 0 誘電体層
- 1 1 隔壁
- 1 2 空隙
- 1 5 側壁
- 1 8 絶縁性繊維
- 2 1 アドレス電極
- 2 2 表示電極
- 2 3 a, 2 3 b リブ
- 2 4 一次電子
- 2 5 二次電子

【書類名】 図面

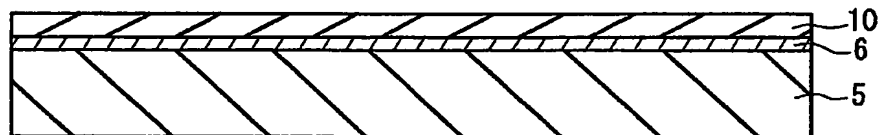
【図 1】



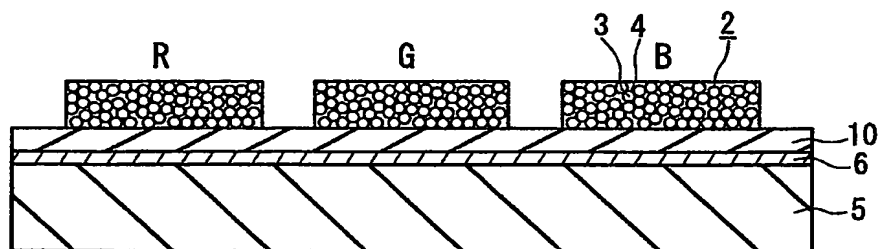
【図 2】



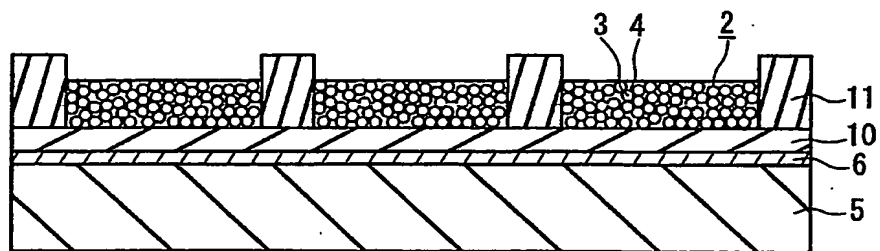
【図 3】



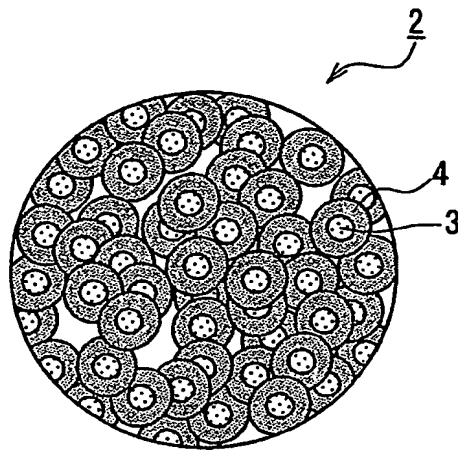
【図 4】



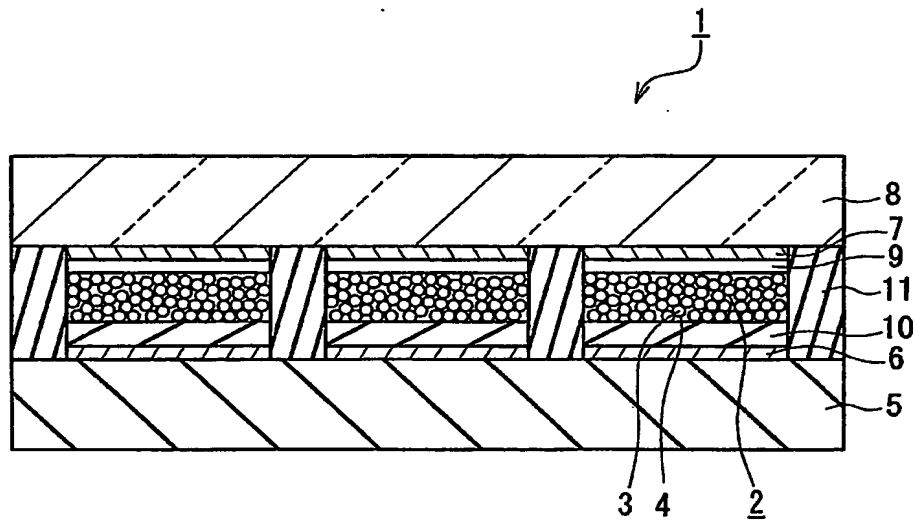
【図 5】



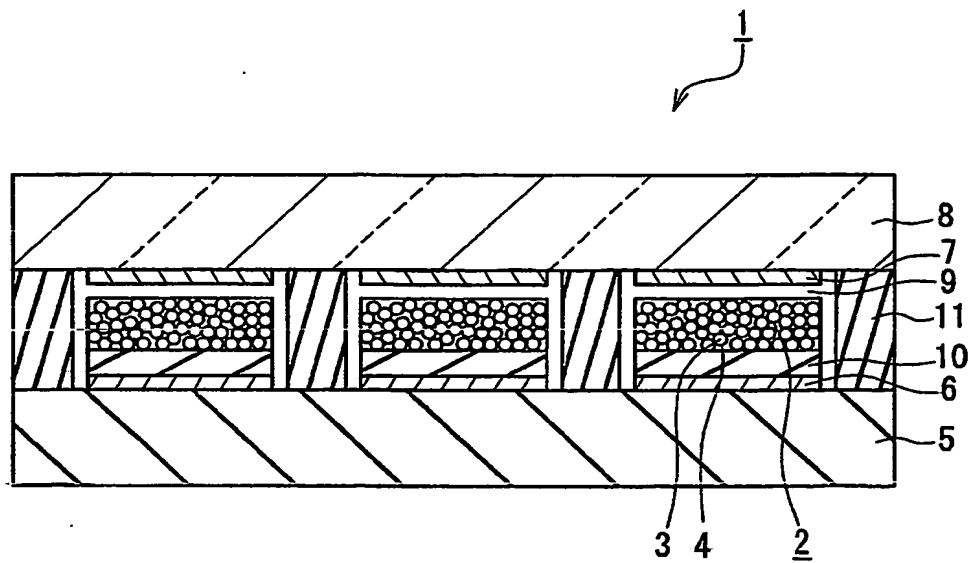
【図 6】



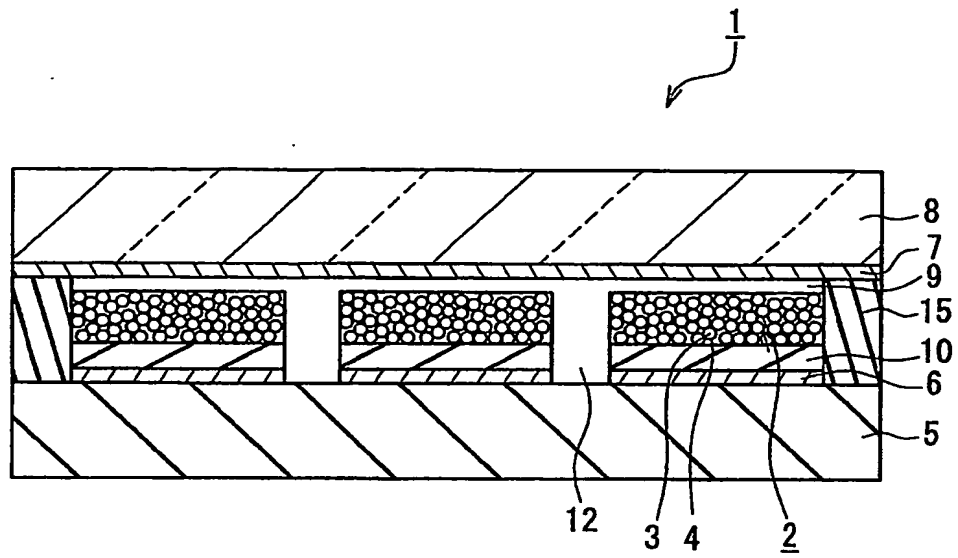
【図 7】



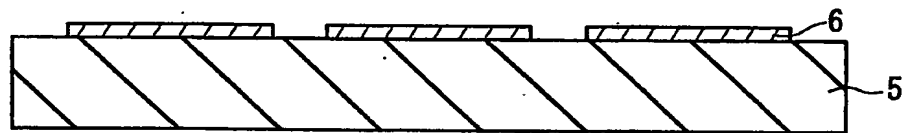
【図 8】



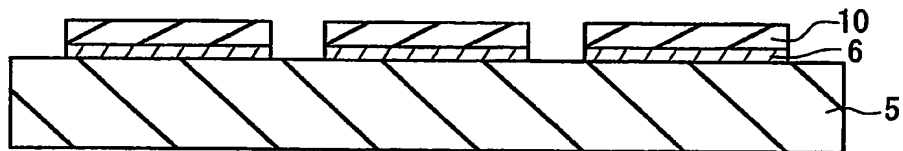
【図 9】



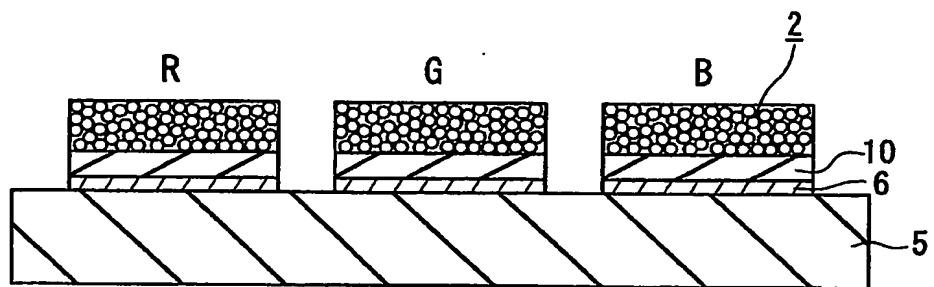
【図 10】



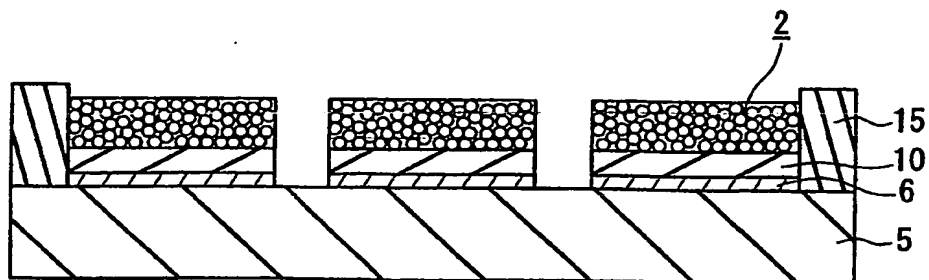
【図 11】



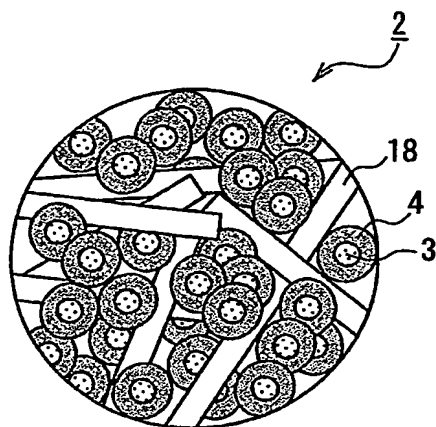
【図 12】



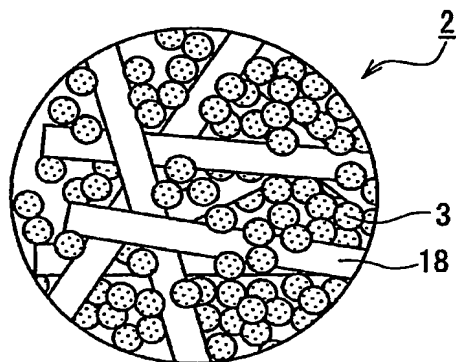
【図 13】



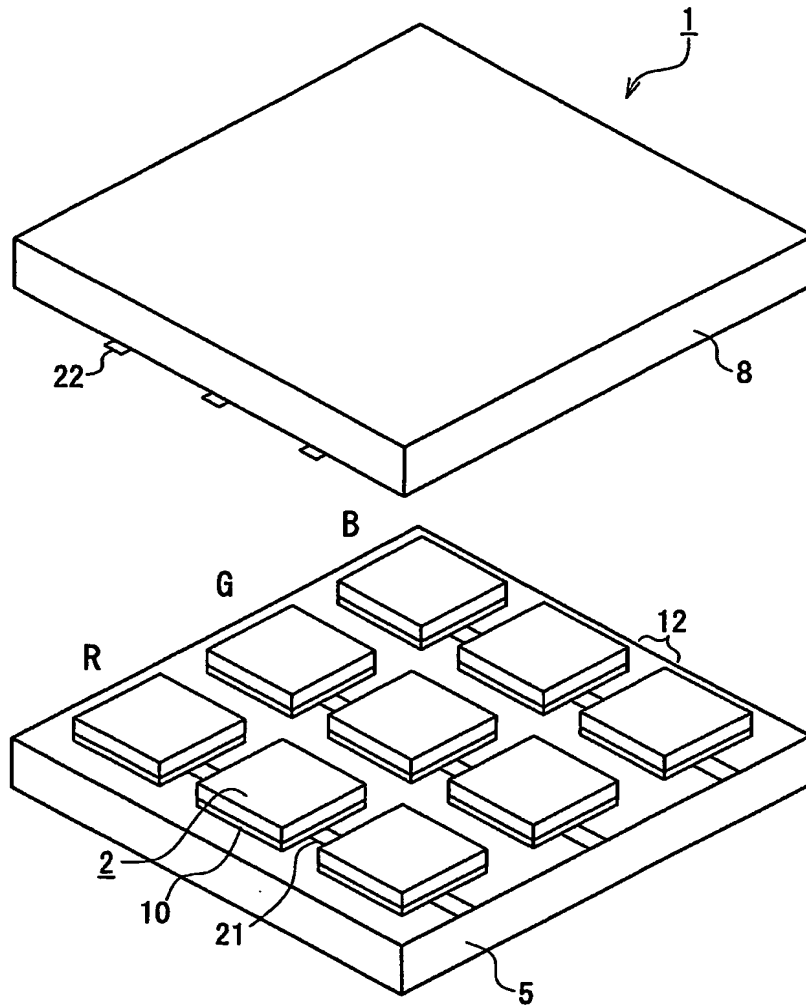
【図 14】



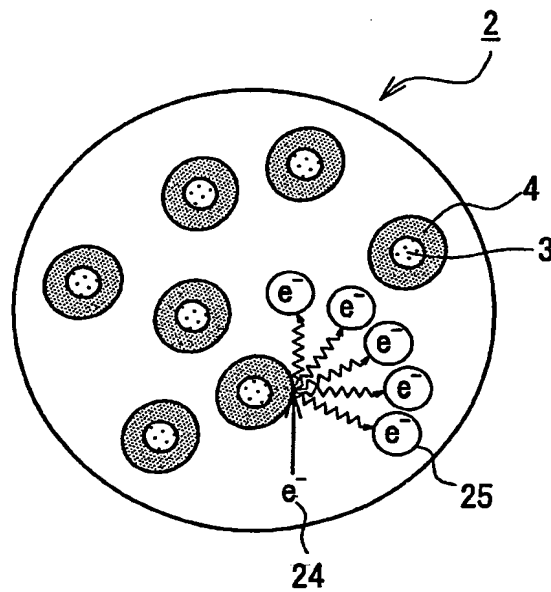
【図 15】



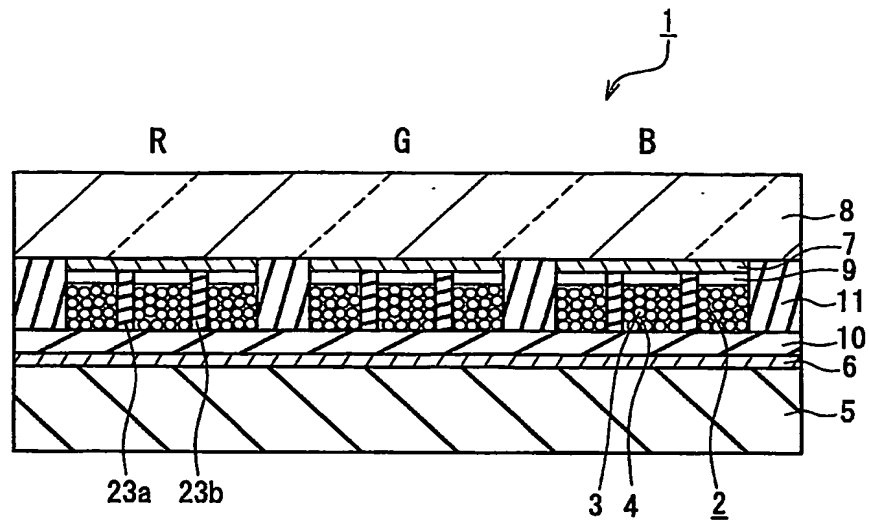
【図 16】



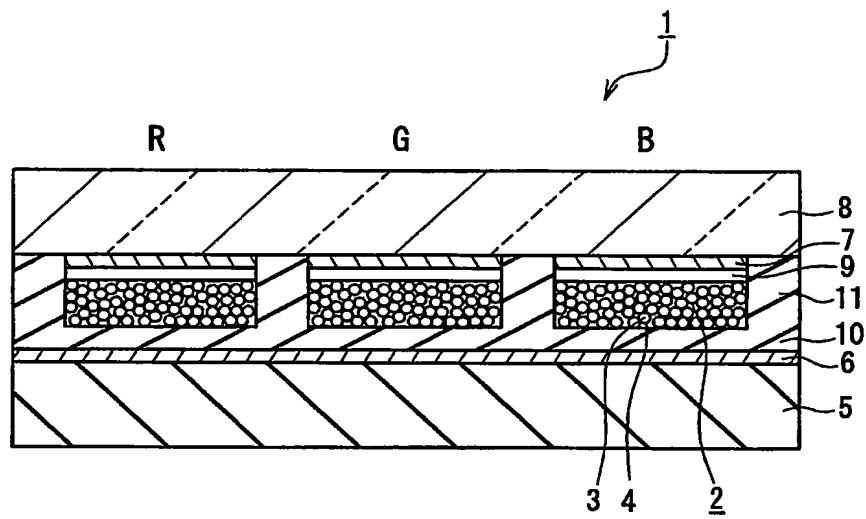
【図 17】



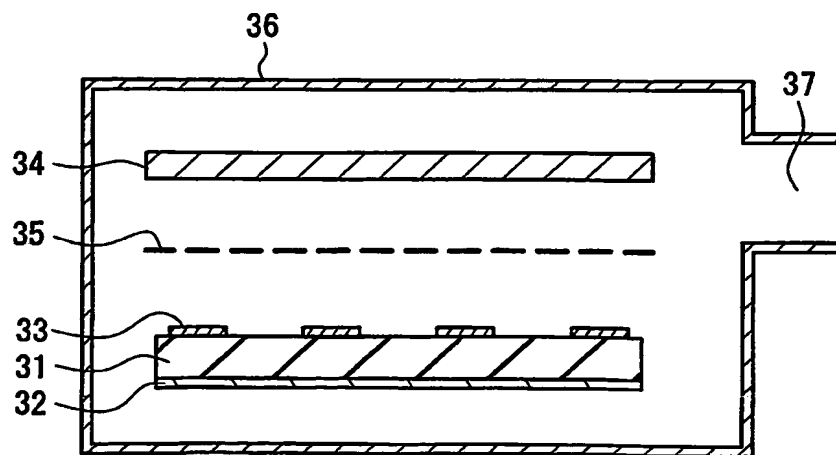
【図 18】



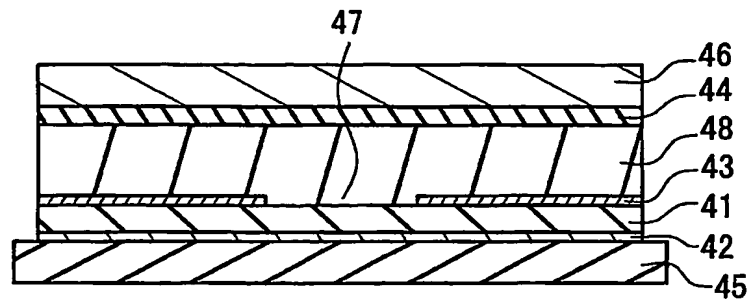
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子の発生を促進し、電子なだれ現象による沿面放電を引き易くし、発光効率が良好な表示素子を提供する。

【解決手段】 本発明の表示素子(1)は、多孔質発光層(2)の一方の面に誘電体層(10)と第一の電極(6)を含み、多孔質発光層(2)の他方の面に第二の電極(7)を含み、多孔質発光層(2)と第二の電極(7)の間に間隙(9)を設けている。交流電界を印加すると間隙(9)で誘電破壊が起こり、電子が発生し、多孔質発光層に電荷が注入される結果、沿面放電が発生する。沿面放電は電界が印加されると継続して生じ、その際雪崩的に発生した電子や紫外線が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体粒子が励起されて発光する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 1 8 1 4 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社